

博士論文審査報告

(論文題目) Intelligent Computing in Medical Ultrasonic System

(医療超音波における知的計算法に関する研究)

(申請者) 八木直美

1. 論文内容の要旨

医療診断用としての超音波装置は、心臓、肝臓などの臓器や胎児の診断に積極的に用いられ、リアルタイムかつ非侵襲なシステムとして知られている。さらに、超音波装置は核磁気共鳴画像装置やX線CT装置に比べて、安価で小型であるため臨床現場に設置することが容易であり、動的イメージを提供できるという利点がある。これらに着目し、超音波装置を用いて3つのシステム「人工培養骨内細胞量評価システム」、「人工股関節置換術のためのステム選定システム」、「脳画像診断システム」を提案した。

第1章では、本研究の背景、目的、方向性についての概要を提示し、学術的な新規性や有用性について述べる。最後に本論文の全体構成について記す。

第2章では、「人工再生骨内細胞量評価システム」について述べる。人工培養骨内の Bone Marrow Stromal Cells(BMSCs)細胞量を測定する従来法は、BMSCsを注入した人工培養骨を粉砕して細胞剥離液に浸け電子顕微鏡を用いて目視により細胞を数える方法のみである。この方法では、測定後の混合物を研究や臨床に用いることができない。そこで、本研究では細胞を破壊せずに細胞量を測定できるシステムを提案する。超音波波形より振幅値、周波数値の2つの特徴値を抽出し、細胞量との相関関係から細胞量推定を行うものである。

第3章では、「人工股関節置換術のためのステム選定システム」について述べる。人工股関節全置換術では、大腿骨の中央にある髄腔に人工関節(ステム)を設置する。ステムには数種類のサイズがあり、手術中に小さいステムから順番に挿入しながら最適なステムを医師の経験により決定されることがほとんどである。そこで、定量的にステム選定を行うために、本システムを提案する。実際の手術中、超音波プローブをステム上部に設置し、音響信号波形を取得する。その波形の減衰時間を用いて最適なステム選定を行うものである。

第4章では、「脳画像診断システム」について述べる。経頭蓋超音波画像化装置は、頭蓋内の血流量や組織をリアルタイムに可視化し、大幅に診断時間を短縮可能である。しかし、超音波は頭蓋骨を透過しにくいいため、鮮明な画像が得られない。そこで、画像の精度向上のために数種類の画像合成法を提案する。本研究では、超音波装置を用いてヒトの脳診断することを最終目的としている。

第5章では、超音波の有用性とより安全、正確に医療診断を行うための知的計算法について述べる。超音波装置は、非侵襲性も高く、ダイナミックイメージングが可能である。今後、新しい超音波医療診断法の開発、技術向上に発展させていくことが求められている。

最後に、本研究における先端的研究としての学術的意義、貢献内容について示し、本論文を結論づけている。

2. 論文審査結果の要旨

本論文は、超音波装置を用いた3つのシステム「人工培養骨内細胞量評価システム」、「人工股関節置換術のためのステム選定システム」、「脳画像診断システム」に関する知的計算法を提案している。

「人工再生骨内細胞量評価システム」については、従来、人工培養骨内の Bone Marrow Stromal Cells (BMSCs) 細胞量を測定には BMSCs を注入した人工培養骨を粉砕して細胞剥離液に浸け電子顕微鏡を用いて目視により細胞を数える方法のみであった。そこで、ここでは細胞を破壊せずに細胞量を測定できるシステムとして、超音波波形より振幅値、周波数値の2つの特徴値を抽出し、この特徴量を用いた知的計算法によって高精度に細胞量を推定できることを示した。「人工股関節置換術のためのステム選定システム」については、人工股関節全置換術で使用させる人工関節(ステム)を最適に設定する知的計算方法を提案した。実際の手術中、超音波プローブをステム上部に設置し、音響信号波形を取得し、その波形の減衰時間を用いたステム選定のための知的計算法を提案した。「脳画像診断システム」については、頭蓋内の血流量や組織をリアルタイムに可視化し、大幅に診断時間を短縮可能とする知的計算法を提案した。精度向上のためにゆらぎ合成と周波数の異なる2種類の波形の合成法を提案し、同時にそのポータブル化の必要性を述べている。最後に、超音波の有用性とより安全、正確に医療診断を行うために知的計算法の開発が求められていることを示して、本研究の総括を行った。一連の研究成果は、超音波医療診断システム構築に大きく貢献するものと考えられる。

本論文に関する主な公表状況は、学術論文5報、査読付き国際会議論文13報（博士後期課程入学後6報）である。国際的受賞として、平成24年 World Automation Congress において The Best Student Paper Award、同年 Google Anita Borg Memorial Scholarship Asia Scholar's Award、平成25年 International Symposium on Advanced Intelligent Systems において Best Presentation Award、国内賞として平成23年第21回インテリジェント・システム・シンポジウムプレゼンテーション賞、姫路工業倶楽部創立60周年記念シンポジウム最優秀賞を受賞している。このように、同氏の研究活動は極めて活発であり、その本研究成果は国内外で学術的、工学的に高く評価されている。

よって本論文は博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。

また、平成26年1月17日、論文内容およびそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と判定した。

平成 26 年 2 月 19 日

主査 畑 豊 印

副査 前中一介 印

副査 松井伸之 印

副査 佐藤邦弘 印